

Title	Encoding of three-dimensional surface slant in cat visual areas 17 and 18
Author(s)	眞田, 尚久
Citation	
Issue Date	
oaire:version	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46773
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について ご参照 ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名 ^き真 ^だ田 ^{たか}尚 ^{ひさ}久

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 20430 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 18 年 3 月 24 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 1 項該当

基礎工学研究科システム人間系専攻

学 位 論 文 名 Encoding of three-dimensional surface slant in cat visual areas 17 and 18
(ネコ視覚皮質 17 野及び 18 野における 3 次元面の傾き検出機構)

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 大澤 五住

(副査)

教 授 村上富士夫 教 授 藤田 一郎 教 授 野村 泰伸

論 文 内 容 の 要 旨

本研究では大脳皮質視覚野の初期ステージにおいて、傾いた奥行き面に対する応答特性がどのように構築されて行くのかについて研究を行った。従来提案され、その有用性が示されてきた奥行き選択性神経細胞の構築モデル(視差エネルギーモデル)に、3次元面が網膜に投影されたときに生じる肌理の細かさ(空間周波数)の左右差という幾何学的規則を新規に導入することによって、線形的な応答を示す初期視覚野細胞から奥行きに関するより複雑な応答を説明できることを示した。

まず、3次元面の傾きに対して応答する細胞が初期視覚野に存在するかどうかを調べるために、麻酔非動化した成ネコの大脳皮質初期視覚野(17、18 野)から細胞外電位記録を行った。細胞の記録中に両眼にノイズ刺激を同時に呈示し、刺激列と得られたスパイク列の相関を調べることで、奥行き情報を含む受容野構造(両眼受容野)を得た。一つの神経細胞が刺激に対して反応する視野範囲である受容野が、奥行き方向にどの程度傾いた構造をしているかを詳細に解析することによって、その神経細胞の3次元面への応答特性を調べた。その結果、細胞群全体のうち約 30%の細胞が統計学的に有意に奥行き方向に傾いた構造をしていることが明らかとなった。またこの受容野構造によって知覚上ありえる3次元面の傾きに対する反応が十分に説明できることがわかった。次に、この傾いた両眼受容野を構築するためのメカニズムを調べるために、左右眼それぞれで刺激像の肌理の細かさ(空間周波数)に対しどのような応答特性をもっているかを調べた。両眼受容野の傾きと、空間周波数の左右差に相関があり、モデルで予測される値にフィットした細胞が全体の約 30%存在した。すべてではないが 1/3 程度の細胞については3次元面の傾きに対する細胞の応答が、空間周波数の左右差によって作り出されていることが明らかになった。これらの結果から、既に高次領野で見つかっている面の傾きに対して反応する細胞は、既に初期視覚野の段階で存在しており、その神経細胞の反応特性を作り出すメカニズムは比較的単純なモデルで説明できることを明らかになった。この発見が今後、高次視覚野における奥行き知覚のメカニズムを明らかにする上で重要だと考えられる。

論文審査の結果の要旨

大脳皮質一次視覚野には左右網膜画像の位置ずれ（両眼視差）の検出をする視差検出細胞が存在し、奥行きを検出に関わっていることが知られている。これらの細胞が特定の奥行きを検出することはわかっているが、その後の視覚情報処理、特に面の傾きなどの3次元形状の検出メカニズムについては明らかでない。

本研究では視差エネルギーモデルを基に視差勾配検出細胞の神経回路モデルを提案し、実際の細胞の受容野特性を定量的に解析することよりモデルの検証を行った。一次視覚野で明らかになっている視差検出細胞から、高次領野で報告されている神経細胞特性がどのように形成されるかについての示唆をあたえる研究と位置づけられる。

具体的には、2種類の可能性の高いモデルについて生理学的実験による詳細な検討を行った。

(1) 空間周波数差分モデル：傾いた面は左右網膜に異なった空間周波数として投影されることから、左右で異なる空間周波数特性を持った4種類の単純型細胞からの入力によって構成される。面の傾きは左右の空間周波数特性の差によって特徴付けられる。(2) 階層型モデル：視差エネルギーモデルで説明される複雑型細胞を要素とし、それらを空間的に加算することによって構成される。面の傾きは要素の配置によって特徴付けられる。実験の結果、以下の新たな発見がもたらされた。

(1) 一次及び二次視覚野には3次元世界に分布する面の傾きを符号化することができる両眼受容野をもった細胞が存在する。(2) 空間周波数差分モデルによって面の傾き情報を持つ細胞は存在した。(3) 階層型モデルによる面の傾きの表現はこれらの領野の細胞では行われていない。

これらの発見は3次元形状の脳内表現の理解に大きな貢献をもたらすものであり、立体視を持つ人工システムの設計にも役立つ地検であることから、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。